



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 48 351 A1** 2004.04.29

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 48 351.5**

(22) Anmeldetag: **17.10.2002**

(43) Offenlegungstag: **29.04.2004**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **F01L 1/344**  
**F16D 3/10**

(71) Anmelder:

**INA-Schaeffler KG, 91074 Herzogenaurach, DE**

(72) Erfinder:

**Schäfer, Jens, Dipl.-Ing., 91074 Herzogenaurach, DE; Steigerwald, Martin, Dipl.-Ing., 91056 Erlangen, DE; Heywood, Jon, Dipl.-Ing., 96175 Pettstadt, DE; Degelmann, Jörg, Dipl.-Ing., 95463 Bindlach, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

**DE 101 01 938 A1**

**DE 43 01 647 A1**

**EP 10 46 792 A2**

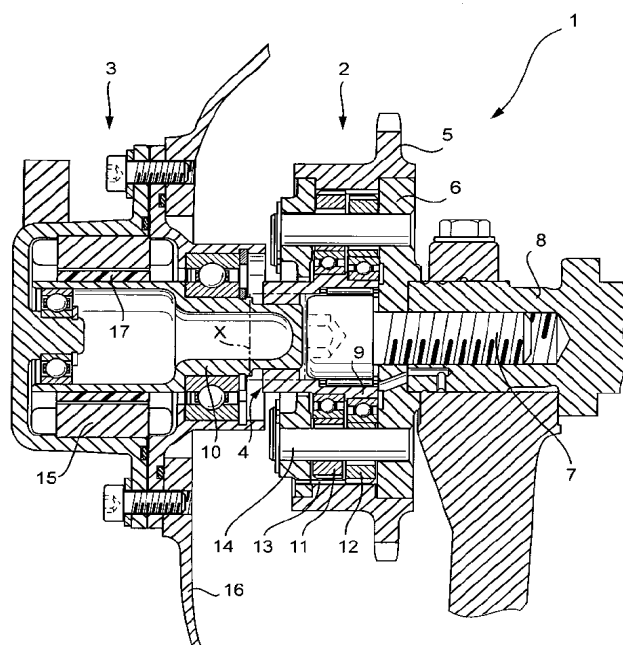
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Elektrisch angetriebener Nockenwellenversteller**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Nockenwellenversteller (1) zum Verstellen und Fixieren der relativen Drehwinkellage einer Nockenwelle (8) gegenüber der Kurbelwelle einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, mit einem hoch übersetzenden und reibungsarmen Verstellgetriebe (2), dass eine mit der Kurbelwelle verdrehfest verbundene Antriebswelle, eine mit der Nockenwelle (8) verdrehfest verbundene Abtriebswelle und eine mit einer Verstellmotorwelle (10) eines Verstellmotors verbundene Verstellwelle (9) aufweist.

Ein kostengünstig zu betreibender Nockenwellenversteller (1) wird dadurch erreicht, dass das Verstellgetriebe (2) und der Verstellmotor (3) als getrennte Einheiten ausgebildet und durch eine drehspielfreie, lösbare Kupplung (4) miteinander verbunden sind.



**Beschreibung****Gebiet der Erfindung**

[0001] Die Erfindung betrifft einen Nockenwellenversteller zum Verstellen und Fixieren der Drehwinkellage der Nockenwelle zur Kurbelwelle einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, insbesondere nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**Hintergrund der Erfindung**

[0002] In der DE 41 10 195 A1 ist ein Nockenwellenversteller zum Verstellen und Fixieren der relativen Drehwinkellage einer Nockenwelle gegenüber der Kurbelwelle einer Hubkolbenbrennkraftmaschine offenbart, mit einem hoch übersetzenden und reibungsarmen Verstellgetriebe, das eine mit der Kurbelwelle fest verbundene Antriebswelle, eine mit der Nockenwelle verdrehfest verbundene Abtriebswelle und eine mit einer Verstellmotorwelle eines Verstellmotors verbundene Verstellwelle aufweist.

[0003] Bei dieser Lösung ist die Verstellmotorwelle einstückig mit der Verstellwelle des Verstellgetriebes ausgebildet. Dadurch muss bei Ausfall des Verstellmotors immer der gesamte Nockenwellenversteller ausgetauscht werden. Außerdem ist die Montage desselben aufwendig, da eine Vormontage des kompletten Verstellmotors nicht möglich ist.

**Aufgabe der Erfindung**

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Nockenwellenversteller zu schaffen, der kostengünstig zu betreiben ist.

**Zusammenfassung der Erfindung**

[0005] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst. Durch die getrennte Ausbildung von Verstellmotor und Verstellgetriebe kann der Verstellmotor komplett vormontiert und aufgrund der lösbaren Kupplung auf einfache Weise eingebaut bzw. ausgewechselt werden. Durch die Drehspielfreiheit der Kupplung ist deren verschleiß- und geräuscharmer Betrieb gewährleistet.

[0006] Die erfindungsgemäße Anordnung einer lösbaren Kupplung zwischen Verstellgetriebe und Verstellmotor ist unabhängig von der Art des Verstellmotors. Besonders geeignet ist der elektrische Verstellmotor. Dieser hat gegenüber einem Hydromotor den Vorteil, unabhängig von der Drehzahl des Verbrennungsmotors und somit auch bei dessen Stillstand zu funktionieren. Außerdem hat die Ölviskosität keinen Einfluss auf seine Funktion. Gegenüber einem Pneumatikmotor hat der elektrische Verstellmotor den Vorteil der im Normalfall ohnehin vorhandenen Stromversorgung und der unkomplizierteren Regelbarkeit.

[0007] Es bietet Fertigungs- und damit Kostenvor-

teile, wenn die Kupplung zwei zusammenfügbare Teile aufweist, von denen eines mit der Verstellmotorwelle, das andere mit der Verstellwelle drehfest verbunden ist.

[0008] Eine einfache Montage des Verstellmotors wird dadurch erreicht, dass eines der beiden Teile als Außenteil, das andere als Innenteil ausgebildet ist, wobei die beiden Teile drehspielfrei ineinander steckbar sind.

[0009] Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung besteht darin, dass die Kupplung als Profiwellenkupplung, vorzugsweise als Zweikantwellenkupplung ausgebildet ist, die je zwei Kupplungsflächen am Außenteil und je zwei Kupplungsflächen am Innenteil aufweist, wobei vorzugsweise die letzteren drehspielvermeidende Mittel aufweisen. Die bewährte Zweikantwellenkupplung bietet ausreichend Platz zur Unterbringung von drehmomentübertragenden und drehspielvermeidenden Mitteln. Als Kupplungen kommen auch Passfeder- und Profiwellenkupplungen wie Polygon-, Zahn-, Keil- und Mehrkant-Wellenkupplungen in Frage. Auch eine einseitig abgefräste Welle mit entsprechendem Gegenstück (ähnlich dem Zweikant, aber nur mit einer geraden Fläche) ist ebenfalls denkbar. Die Anbringung der drehspielvermeidenden Mittel auf dem Innenteil bietet Montage- und Bauraumvorteile gegenüber deren ebenfalls mögliche Anbringung auf dem Außenteil.

[0010] Eine konventionelle Lösung ist darin zu sehen, dass als drehspielvermeidendes Mittel ein minimales, eng toleriertes Spiel zwischen den Kupplungsflächen des Innen- und Außenteils vorgesehen ist. Die dazu erforderliche Fertigungspräzision bedingt einen entsprechenden Bauaufwand.

[0011] Eine kostengünstigere Lösung besteht darin, dass als drehspielvermeidende Mittel vorgespannte Metall- oder Kunststofffedern vorgesehen sind, die das Spiel zwischen den Kupplungsflächen überbrücken. Wegen der Vorspannung der Federn und deren ausreichendem Federweg kann das Spiel zwischen den Kupplungsflächen und seine Toleranz relativ groß gewählt werden, wodurch der Bauaufwand entsprechend verringert wird.

[0012] Von Vorteil ist, dass die Metallfedern vorzugsweise als Flachbiege- oder Tellerfedern und die Kunststofffeder vorzugsweise als Polymerband oder als Polymer-O-Ring ausgebildet und vorzugsweise in Nuten bzw. in einer umlaufenden Nut der Kupplungsflächen des Innenteils angeordnet sind. Die Anbringung der Polymerfedern in Ringnuten der Kupplungsflächen des Innenteils erleichtert vor allem die Montage des Polymerbands und des Polymer-O-Rings, die dort verliersicher angeordnet sind.

[0013] Die zur Drehmomentübertragung und Drehspielvermeidung erforderlichen Feder- und Montagekräfte sind relativ niedrig, da das zu übertragende Drehmoment von weniger als 1 Nm relativ gering ist, so dass bei entsprechender Federsteifigkeit kein relatives Verdrehen der Elektromotor- und der Verstellwelle eintritt. Durch die Federn können auch kleine

Fluchtungsfehler dieser Wellen ausgeglichen werden. Es hat Vorteile, wenn die Flachbiege- oder Tellerfedern als einteilige Federspange ausgebildet sind, die vorzugsweise an Ecken des Innenteils einrastet. Auf diese Weise bilden die Flachbiege- oder Tellerfedern paarweise eine Einheit, die verliersicher an dem Innenteil befestigt ist und so die Montage des Verstellmotors erleichtert.

[0014] Eine vorteilhafte Ausbildung der Erfindung besteht darin, dass die Kupplung als eine Rohrwellenkupplung ausgebildet ist, mit einem hohlzylindrischen Außenteil und einem koaxialen, zylindrischen Innenteil, das mit Spiel im Außenteil angeordnet ist und vorzugsweise die drehspielvermeidenden Mittel aufweist. Die beiden Teile sind als Drehteile ausgebildet, die einfach und kostengünstig zu fertigen sind. Ebenso ist es von Vorteil, dass als drehspielvermeidendes Mittel ein elastisch verformbarer Toleranzring, vorzugsweise aus Metall vorgesehen ist der in einer Radialnut vorzugsweise am Umfang des koaxialen, zylindrischen Innenteils angeordnet ist und dieses um ein bestimmtes Maß radial überragt. Grundsätzlich könnte der Toleranzring auch auf dem Innenumfang des Außenteils angeordnet sein, jedoch ist die erfindungsgemäße Anordnung montagefreundlicher.

[0015] Durch den Überstand der Toleranzhülse entsteht bei der Montage eine federelastische Verformung derselben, die zu einer kraftschlüssigen Verbindung zwischen den Innen- und Außenteil führt. Bei der Wahl des Überstandes muss darauf geachtet werden, dass das Drehmoment des Verstellmotors übertragbar ist, ohne die Axialbewegung des Innen- und Außenteils zueinander und damit die Wärmedehnung wesentlich zu behindern. Der Toleranzring ist auch als Polymerring denkbar.

[0016] Durch eine vorteilhafte Ausbildung der Erfindung wird erreicht, dass als drehspielvermeidendes Mittel zumindest eine Rastkugel oder ein vorzugsweise zylindrischer Raststift mit kegelig zu gespitztem Ende vorgesehen sind, die in Radial- bzw. Durchgangsbohrungen vorzugsweise des koaxialen, zylindrischen Innenteils mit Spiel geführt und in zu diesen fluchtenden, anderen Radialbohrungen geringeren Durchmessers im hohlzylindrischen Außenteil unter der Kraft einer Druck- bzw. Durchgangsfeder um ein durch den geringeren Durchmesser begrenztes Maß verschiebbar sind. Anstelle der einen können auch vorteilhafter Weise zwei oder mehrere Rastkugeln bzw. zylindrische Raststifte treten. Diese könnten auch in dem Außenteil angeordnet sein und radial in eine entsprechende Bohrung des Innenteils eingreifen. Alternativ zu den zylindrischen Stiften können auch solche mit beispielsweise quadratischem oder rechteckigem oder auch beliebig anderem Querschnitt Verwendung finden. Auch bei dieser Variante können kleine Fluchtungsfehler zwischen der Verstellmotor- und Verstellwelle ausgeglichen werden. Die Durchgangsbohrung hat gegenüber den beiden Radialbohrungen, die sie ersetzt, den Vorteil einfacher

cherer Fertigung und einer gleichmäßigen Druckbeaufschlagung der Rastkugeln bzw. der Raststifte.

[0017] Durch entsprechende Auslegung der Federkraft der Druck- bzw. der Durchgangsfedern und/oder der Kegelwinkel der zylindrischen Stifte, ist das übertragbare Drehmoment der Rohrkupplung begrenzt. Diese wirkt dann als Sicherheitskupplung, indem bei Überlast die Rastkugeln oder die zylindrischen Raststifte gegen die relativ geringen Federkräfte aus den Bohrungen im Außenteil verdrängt und so die beiden Wellen entkoppelt werden. Für eine Axialbeweglichkeit der mit Rastkugeln oder mit zylindrischen Raststiften ausgerüsteten Rohrwellenkupplung ist es notwendig, dass die anderen Radialbohrungen als in axialer Richtung ausgerichtete Langlöcher ausgebildet sind.

[0018] Es ist von Vorteil, wenn die Kupplung als Klauenkupplung ausgebildet ist, deren beide Teile auf gleichem Durchmesser angeordnete, axiale Klauen aufweisen, die ineinandergreifen, wobei zwischen den Klauen Abstände vorgesehen sind, die durch Zahnelemente eines elastischen, vorgespannten Polymerkranzes drehspielfrei überbrückt sind. Die Klauenkupplung ermöglicht aufgrund der Elastizität des Polymerkranzes auch den Ausgleich eines geringen Achsversatzes. Außerdem wirkt sie schwingungsdämpfend.

[0019] Eine weitere vorteilhafte Kupplung ist als Profilwellenkupplung, vorzugsweise als Zahnwellenkupplung, ausgebildet, deren Innen- oder Außenteil, insbesondere deren Innen- oder Außenverzahnung, aus elastischem Kunststoff ausgebildet ist. In Anbetracht des relativ geringen zu übertragenden Drehmoments sind vielerlei Kupplungen, beispielsweise Polygon- oder Mehrkantwellenkupplungen, zur halbseitigen Ausführung in Kunststoff geeignet. Die Zahnwellenkupplung zeichnet sich durch besonders einfache Montierbarkeit aus. Auch ermöglicht sie aufgrund des elastischen Kunststoffzahnkranzes den Ausgleich eines geringen Achsversatzes. Ebenso wirkt sie schwingungsdämpfend durch die Eigendämpfung des Kunststoffs.

[0020] Für eine rationelle Fertigung und für eine kompakte Bauweise ist es von Vorteil, dass die aus Kunststoff bestehende Innen- oder Außenverzahnung direkt auf entsprechende Teile der Zahnwellenkupplung oder auf eine entsprechend ausgebildete metallische Zwischenbüchse aufvulkanisiert sind und dass die Zwischenbüchse mit der Zahnwellenkupplung vorzugsweise durch Presssitz verbunden ist.

[0021] Eine vorteilhafte Ausbildung der Erfindung besteht darin, dass die Kupplung als Magnetwellenkupplung ausgebildet ist, deren beide Teile gegenüberliegende Dauermagnete aufweisen, die das Antriebsmoment des Verstellmotors durch Magnetkräfte berührungslos und drehspielfrei von der Verstellmotorwelle auf die Verstellwelle übertragen. Die Dauermagnete können aus ferritischem oder Seltenerd-Material, wie Samarium-Kobalt oder Neodym-Eisen-Bor hergestellt sein. Aufgrund des von

der Verstellmotorwelle auf die Verstellwelle zu übertragenden geringen Drehmoments, wird diese von der Magnetkraft annähernd synchron, dass heißt verdrehspielfrei, mitgenommen. Auch diese Kupplung kann als Sicherheitskupplung ausgebildet sein, die bei Überlast durchrutscht. Da es sich um eine berührungslose Kupplung handelt, wird das Drehmoment vibrationsarm übertragen. Außerdem kann auch ein geringer Achsversatz ausgeglichen werden.

[0022] Es hat Vorteile, wenn die Dauermagnete vorzugsweise axial angeordnet sind und zwischen ihnen eine unmagnetische Membran mit beidseitigem Spiel vorgesehen ist, die den Verstellmotor öldicht abschließt. Bei axialer Anordnung der Magnete muss darauf geachtet werden, dass deren für die Übertragung des Drehmoments zulässiger Höchstabstand nicht überschritten wird. Andererseits dürfen die Dauermagnete die Membran nicht berühren. Die ebenfalls mögliche radiale Anordnung der Magnete ist demgegenüber gegen axiale Verschiebung weitestgehend unempfindlich, jedoch ist die Ausbildung einer Membran zwischen diesen Dauermagneten schwieriger.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0023] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung und den zugehörigen Zeichnungen, in denen Ausführungsbeispiele der Erfindung schematisch dargestellt sind. Es zeigen:

[0024] **Fig. 1** einen Nockenwellenversteller mit getrenntem elektrischen Verstellmotor und Verstellgetriebe, die durch eine Zweikantwellenkupplung lösbar verbunden sind;

[0025] **Fig. 2** eine Zweikantwellenkupplung gemäß Einzelheit X von **Fig. 1** im Querschnitt;

[0026] **Fig. 3** einen Längsschnitt durch die Zweikantwellenkupplung von **Fig. 2**;

[0027] **Fig. 4** einen Längsschnitt durch eine Zweikantwellenkupplung ähnlich **Fig. 3**, jedoch mit drehmomentübertragenden und drehspielvermeidenden Metallfedern;

[0028] **Fig. 5** einen Querschnitt durch die Zweikantwellenkupplung von **Fig. 4**;

[0029] **Fig. 6** einen Querschnitt durch eine Zweikantwellenkupplung ähnlich **Fig. 5**, jedoch mit einteiliger Federsprange;

[0030] **Fig. 7** einen Längsschnitt durch eine Zweikantwellenkupplung ähnlich **Fig. 4**, jedoch mit einem Flachband als Polymerteder;

[0031] **Fig. 8** einen Längsschnitt durch eine Zweikantwellenkupplung ähnlich **Fig. 7**, jedoch mit einem O-Ring als Polymerteder;

[0032] **Fig. 9** einen Querschnitt X-X durch die Zweikantwellenkupplung von **Fig. 7** und **8**;

[0033] **Fig. 10** einen Querschnitt durch eine Rohrkantwellenkupplung mit zwei gegenüberliegenden, federbelasteten Rastkugeln in getrennten Radialbohrungen eines koaxialen, zylindrischen Innenteils;

[0034] **Fig. 11** einen Querschnitt durch eine Rohrkantwellenkupplung ähnlich **Fig. 10**, jedoch mit einer radialen Durchgangsbohrung, in der eine Durchgangsfeder für die beiden Rastkugeln angeordnet ist;

[0035] **Fig. 12** einen Querschnitt durch eine Rohrkantwellenkupplung ähnlich **Fig. 10**, jedoch mit zwei zylindrischen Raststiften anstelle der beiden Rastkugeln;

[0036] **Fig. 13** einen Querschnitt durch eine Rohrkantwellenkupplung ähnlich **Fig. 11**, jedoch mit zwei zylindrischen Raststiften anstelle der beiden Rastkugeln;

[0037] **Fig. 14** einen Längsschnitt durch eine Rohrkantwellenkupplung, mit einem zylindrischen Innenteil, das an seinem Außenumfang eine Ringnut aufweist, in der sich ein elastisch verformbarer Toleranzring aus Metall befindet;

[0038] **Fig. 15** einen Teillängsschnitt durch eine Klauenkupplung;

[0039] **Fig. 16** eine axiale Ansicht der Klauenkupplung von **Fig. 15**;

[0040] **Fig. 17** eine Ansicht eines Elastomerkranzes der Klauenkupplung von **Fig. 15** und **16**;

[0041] **Fig. 18** eine axiale Ansicht eines Außenteils einer Zahnwellenkupplung mit einer Innenverzahnung aus Kunststoff;

[0042] **Fig. 19** ein Teillängsschnitt des Außenteils von **Fig. 18** mit der Innenverzahnung aus Kunststoff;

[0043] **Fig. 20** eine axiale Ansicht eines zum Außenteil der **Fig. 18** und **19** passenden Innenteils mit einer Außenverzahnung aus Metall;

[0044] **Fig. 21** eine Seitenansicht des Innenteils von **Fig. 20**;

[0045] **Fig. 22** einen Längsschnitt durch einen Nockenwellenversteller ähnlich **Fig. 1**, jedoch mit einer Magnetwellenkupplung anstelle der Zweikantwellenkupplung.

#### Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0046] In **Fig. 1** ist ein elektrischer Nockenwellenversteller **1** mit einem Verstellgetriebe **2** und einem elektrischen Verstellmotor **3** dargestellt, die als getrennte Einheiten ausgebildet und durch eine Kupplung lösbar verbunden sind.

[0047] Das Verstellgetriebe **2** ist ein Dreiwelenge triebe, das als Exzentergetriebe eine hohe Untersetzung (Untersetzungsbereich von 1 : 30 bis 1 : 250) und einen hohen Wirkungsgrad aufweist. Das Verstellgetriebe **2** besitzt eine Antriebs- und eine Antriebswelle sowie eine Verstellwelle **9**. Die Antriebswelle ist als Kettenrad **5** ausgebildet und steht mit einer nicht dargestellten Kurbelwelle über eine ebenfalls nicht dargestellte Kette in drehfester Verbindung. Die Abtriebswelle ist als Abschlusswand **6** ausgeführt, die mittels einer Spannschraube **7** drehfest mit einer Nockenwelle **8** verbunden ist. Die Verstellwelle **9** ist als Exzenterwelle ausgebildet, die über eine Zweikantwellenkupplung **4** mit einer Verstellmotorwelle **10** praktisch drehspielfrei, jedoch axial ver-

schiebbar verbunden ist. Die Verstellwelle **9** dient zum Antrieb zweier Stirnräder **11**, **12**, die mit einer Innenverzahnung **13** des Kettenrades **5** kämmen und das Verstellmoment über Stifte **14** und über die Abschlusswand **6** auf die Nockenwelle **8** übertragen. Der elektrische Verstellmotor **3** besitzt einen Stator **15**, der am Zylinderkopf **16** befestigt ist und einen Dauermagnetrotor **17**, der sich mit der Nockenwelle **8** dreht.

[0048] In den **Fig. 2** und **3** ist die als Einzelheit X bezeichnete Zweikantwellenkupplung **4** der **Fig. 1** im Quer- und Längsschnitt vergrößert dargestellt. Ein Innenteil **18** der Zweikantwellenkupplung **4** ist mit der Verstellmotorwelle **10**, ein Außenteil **19** mit der Verstellwelle **9** einteilig ausgebildet. Beide Teile **18**, **19** weisen jeweils gleiche Kupplungsflächen **20**, **21** auf, zwischen denen das für eine Axialverschiebung (Wärmedehnung, Montage) erforderliche Minimalspiel vorgesehen ist. Auf diese Weise wird auch ein minimales Verdrehspiel erreicht, dass für die Haltbarkeit und Geräuscharmheit der mit Wechselmomenten beaufschlagten Zweikantwellenkupplung **4** wichtig ist. Der für die geringen Spiele und Toleranzen an beiden Teilen **18**, **19** erforderliche Fertigungsaufwand ist jedoch beträchtlich.

[0049] Diesem Nachteil wird durch eine in Längs- und Querschnitt dargestellte Zweikantwellenkupplung **4'** der **Fig. 4** und **5** begegnet. Hierbei ist in den Kupplungsflächen **20'** der Innenteile **18'** je einer Nut **22** vorgesehen, in die eine Flachbiege- oder eine Tellerfeder **23** mit Vorspannung eingesetzt ist. Die Federn **23** überbrücken durch die Vorspannung und den Federweg das nunmehr zulässige, relativ große Spiel zwischen dem Innen- und einem Außenteil **18'**, **19'** und übernehmen die Übertragung des Drehmoments des Verstellmotors **3**. Da dieses mit  $< 1$  Nm relativ gering ist, sind auch die benötigten Feder- und Montagekräfte gering und es tritt bei entsprechender Federsteifigkeit kein Verdrehen zwischen Verstell- und Verstellmotorwelle **9**, **10** auf. Da das Drehmoment des Verstellmotors **3** nur über die Federn **23** übertragen wird, berühren sich die Kupplungsflächen **20'**, **21'** der Teile **18'**, **19'** nicht. Die Federn **23** sind in Verbindung mit dem relativ großen Spiel zwischen den Kupplungsflächen **20'**, **21'** in der Lage, kleine Achsversätze zwischen der Verstell- und der Verstellmotorwelle **9**, **10** auszugleichen.

[0050] **Fig. 6** zeigt eine Kupplung **4'** als Variante zu **Fig. 4** und **5**, bei der die beiden Federn **23** und die Nuten **22** des Innenteils **18'** durch einen Federbügel **24** zu einer einteiligen Federspange **25** vereinigt sind, die an Ecken **26** des Innenteils **18'** unverlierbar einrastet. Diese Verliersicherung bedeutet eine erhebliche Montageerleichterung.

[0051] In den **Fig. 7** und **8** ist eine Zweikantwellenkupplung **4''** im Längsschnitt und in **Fig. 9** im Querschnitt dargestellt, bei der anstelle der Flachbiege- oder Tellerfedern **23** ein Polymerband **28** oder ein Polymer-O-Ring **29** vorgesehen sind. Diese sind in einer umlaufenden Nut **30**, **31** der Innenteile **18'** zu deren

Kupplungsflächen **20'** mit Überstand montiert, so dass sie im Einbauzustand eine Vorspannung aufweisen. Dadurch ist das auch bei dieser Variante große Spiel zwischen den Kupplungsflächen **20'**, **21'** der Innen- und Außenteile **18'**, **19'** überbrückt, ohne dass diese sich berühren. Auch hier wird das relativ niedrige Drehmoment des Verstellmotors **3** bei entsprechender Steifigkeit des Polymerbands **28** und des Polymer-O-Rings **29** ohne Relativverdrehung der Innen- und Außenteile **18'**, **19'** übertragen.

[0052] In **Fig. 9** ist die umlaufende Nut **30**, **31** im Innenteil **18'** mit dem Polymerband **28** und dem Polymer-O-Ring **29** zu erkennen, die eine optimale Spielüberbrückung zwischen den Innenteilen **18'** und den Außenteilen **19'** der Kupplung **4''** bewirken.

[0053] Die **Fig. 10** bis **13** zeigen Querschnitte durch eine Rohrwellenkupplung **32** mit einem hohlzylindrischen Außenteil **33** und einem koaxialen, zylindrischen Innenteil **34**, das mit Spiel im hohlzylindrischen Außenteil **33** angeordnet ist.

[0054] Im zylindrischen Innenteil **34** der **Fig. 10** sind zwei gleiche, von dessen Umfang ausgehende, fluchtende Radialbohrungen **35** vorgesehen, in denen je eine Druckfeder **36** angeordnet ist. Diese wirken auf je eine Rastkugel **37** ein, die in den Radialbohrungen **35** mit Spiel geführt sind und verdrängen diese in je eine andere Radialbohrung **38** in dem Außenteil **33**. Die anderen Radialbohrungen **38** fluchten in einer bestimmten Drehstellung des zylindrischen Innenteils **34** mit den Radialbohrungen **35**. Aufgrund eines bestimmten, geringeren Durchmessers der anderen Radialbohrungen **38** gegenüber den Radialbohrungen **35**, dringen die Rastkugeln **37** nur bis zu einer bestimmten Tiefe in die andere Radialbohrung **38** ein, die zur Übertragung des Drehmoments des Verstellmotors **3** ausreicht. Die Rastkugeln tragen dabei auf einer Austrittskante **43** der anderen Radialbohrung **38**. Durch Wahl des Durchmessers der anderen Radialbohrung **38** kann die Höhe des übertragbaren Drehmoments bestimmt werden. Auf diese Weise wird die Rohrwellenkupplung **32** zur Sicherheitskupplung.

[0055] In **Fig. 11** sind die beiden Radialbohrungen **35** durch eine Durchgangsbohrung **39** mit einer Durchgangsfeder **40** ersetzt. Diese Lösung hat gegenüber der von **Fig. 10** den Vorteil eines geringeren Bauaufwands und einer gleichmäßigen Druckbelastung der beiden Rastkugeln **37**, die eine genauere Festlegung des übertragbaren Drehmoments erlaubt.

[0056] Der Aufbau der Rohrwellenkupplungen **32** der **Fig. 12** und **13** entspricht dem der **Fig. 10** und **11**. Der Unterschied besteht in der Verwendung von zylindrischen Raststiften **41** anstelle der Rastkugeln **37**, mit kegelig zugespitzten Enden **42**, die mittels der Druckkraft der Druckfedern **36'** bzw. der Durchgangsfeder **40'** in der Durchgangsbohrung **39** in andere Radialbohrungen **38'** hineinragen und an deren Austrittskante **43'** tragen. Bei dieser Variante kann das übertragbare Drehmoment über die Größe des Ke-

gelinkels des kegelig zugespitzten Endes **42** begrenzt werden. Dadurch kann auch diese Rohrwellenkupplung **32** als Sicherheitskupplung dienen.

[0057] In **Fig. 14** ist als weitere Kupplungsvariante eine Rohrwellenkupplung **32'** dargestellt. Hierbei wird eine kraftschlüssige Momentenübertragung zwischen einem zylindrischen Innenteil **34'** und einem hohlzylindrischen Außenteil **33'** durch einen in einer Radialnut **45** angeordneten, elastisch verformbaren Toleranzring **44** aus Metall erreicht. Der Toleranzring **44** überragt die Radialnut **45** um ein bestimmtes Maß, dass die elastische Verformung und den davon abhängigen Kraftschluss bestimmt.

[0058] In **Fig. 15** ist ein Teilquerschnitt durch eine Klauenkupplung **46** mit Klauen **47, 48** dargestellt. Diese sind an den freien Enden der Verstell- und Verstellmotorwelle **9, 10** auf gleichem Durchmesser verdrehfest angeordnet. Sie greifen mit Abständen ineinander, die durch einen in **Fig. 17** dargestellten elastischen, vorgespannten Polymerkranz **49** mit Zahnelementen **50** drehspielfrei überbrückt sind.

[0059] Die **Fig. 16** zeigt eine axiale Ansicht der Klauenkupplung **46**, bei der je acht Klauen **47** und **48** sowie der Polymerkranz **49** mit acht Zahnsegmenten **50** gestrichelt dargestellt sind. Die Klauenkupplung **46** gleicht kleine Fluchtungsfehler zwischen der Verstell- und der Verstellmotorwelle **9, 10** aus, und gestattet auch eine kleine axiale Verschiebung zwischen denselben.

[0060] In **Fig. 18** ist eine axiale Ansicht eines Außenteils **55** einer Zahnwellenkupplung mit einer Innenverzahnung **56** aus elastischem Kunststoff dargestellt. Die **Fig. 19** zeigt einen Teillängsschnitt des Außenteils **55** von **Fig. 18**. Die Innenverzahnung **56** ist in einer Radialnut **57** einer Zwischenbüchse **58** einvulkanisiert. In radialer Verlängerung ist hinter jedem Zahn **59** eine Radialbohrung **60** vorgesehen, die mit dem Kunststoff gefüllt und durch einen nietkopffähnlichen Deckel **61** abgeschlossen ist. Der in der Radialbohrung **60** befindliche Kunststoff erhöht das übertragbare Drehmoment der Innenverzahnung **56**. Die Zwischenbüchse **58** kann als Teil der Verstellwelle **9** oder der Verstellmotorwelle **10** dienen oder in diese eingepresst werden..

[0061] Die **Fig. 20** und **21** zeigen ein Innenteil **62** aus Metall mit einer Außenverzahnung **63**, die Außenzähne **64** aufweist. Diese sind schmaler als die Innenzähne **59** aus Kunststoff, da sie eine höhere Festigkeit aufweisen. Entsprechend sind die Innenzahnklücken **65** schmaler als die Außenzahnklücken **66**. Grundsätzlich könnte auch die Außenverzahnung **63** in Kunststoff ausgebildet werden. Es bietet sich jedoch die Innenverzahnung **56** wegen des möglichen größeren Materialvolumens dafür an.

[0062] Die **Fig. 22** zeigt einen Nockenwellenversteller **1'**, dessen Verstellwelle **9** mit der Verstellmotorwelle **10'** durch eine Dauermagnetwellenkupplung **51** berührungsgelos und drehspielfrei verbunden sind. An den freien Enden der Verstell- und Verstellmotorwelle **9, 10'** sind Dauermagnete **52, 53** befestigt, zwischen

denen eine unmagnetische Membran **54** verläuft, die den Verstellmotor **3** öldicht abschließt. Auf diese Weise ist der Verstellmotor **3** ohne reibungserzeugende Dichtelemente hermetisch abgeschlossen.

#### Bezugszeichenliste

<b>1, 1'</b>	Nockenwellenversteller
<b>2</b>	Verstellgetriebe
<b>3</b>	elektrischer Verstellmotor
<b>4, 4', 4''</b>	Zweikantwellenkupplung
<b>5</b>	Kettenrad
<b>6</b>	Abschlusswand
<b>7</b>	Spannschraube
<b>8</b>	Nockenwelle
<b>9</b>	Verstellwelle
<b>10, 10'</b>	Verstellmotorwelle
<b>11</b>	Stirnrad
<b>12</b>	Stirnrad
<b>13</b>	Innenverzahnung
<b>14</b>	Stift
<b>15</b>	Stator
<b>16</b>	Zylinderkopf
<b>17</b>	Dauermagnetrotor
<b>18, 18'</b>	Innenteil
<b>19, 19'</b>	Außenteil
<b>20, 20'</b>	Kupplungsfläche
<b>21, 21'</b>	Kupplungsfläche
<b>22</b>	Nut
<b>23</b>	Flachbiege- oder Tellerfeder
<b>24</b>	Federbügel
<b>25</b>	Federspange
<b>26</b>	Ecke
<b>27</b>	Quernut
<b>28</b>	Polymerband
<b>29</b>	Polymer-O-Ring
<b>30</b>	umlaufende Nut
<b>31</b>	umlaufende Nut
<b>32, 32'</b>	Rohrwellenkupplung
<b>33, 33'</b>	hohlzylindrisches Außenteil
<b>34, 34'</b>	koaxiales zylindrisches Innenteil
<b>35</b>	Radialbohrung
<b>36, 36'</b>	Druckfeder
<b>37</b>	Rastkugel
<b>38, 38'</b>	andere Radialbohrung
<b>39</b>	Durchgangsbohrung
<b>40, 40'</b>	Durchgangsfeder
<b>41</b>	zylindrischer Raststift
<b>42</b>	kegelig zugespitztes Ende
<b>43, 43'</b>	Austrittskante
<b>44</b>	Toleranzring
<b>45</b>	Radialnut
<b>46</b>	Klauenkupplung
<b>47</b>	Klaue
<b>48</b>	Klaue
<b>49</b>	Polymerkranz
<b>50</b>	Zahnelement
<b>51</b>	Dauermagnetwellenkupplung
<b>52</b>	Dauermagnet
<b>53</b>	Dauermagnet

54	Membran
55	Außenteil
56	Innenverzahnung
57	Radialnut
58	Zwischenbüchse
59	Innenzahn
60	Radialbohrung
61	Deckel
62	Innenteil
63	Außenverzahnung
64	Außenzahn
65	Innenzahnflächen
66	Außenzahnflächen

### Patentansprüche

1. Nockenwellenversteller (1, 1') zum Verstellen und Fixieren der relativen Drehwinkellage einer Nockenwelle (8) gegenüber der Kurbelwelle einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, mit einem hoch übersetzenden und reibungsarmen Verstellgetriebe (2), dass eine mit der Kurbelwelle verdrehfest verbundene Antriebswelle, eine mit der Nockenwelle (8) verdrehfest verbundene Abtriebswelle und eine mit einer Verstellmotorwelle (10) eines Verstellmotors verbundene Verstellwelle (9) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verstellgetriebe (2) und der Verstellmotor (3) als getrennte Einheiten ausgebildet und durch eine drehspielfreie, lösbare Kupplung (4, 4', 4"; 32, 32'; 46; 51) miteinander verbunden sind.

2. Nockenwellenversteller nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verstellmotor vorzugsweise ein elektrischer Verstellmotor (3) ist.

3. Nockenwellenversteller nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupplung (4, 4', 4"; 32, 32'; 46, 51) zwei zusammenfügbare Teile aufweist, von denen eines mit der Verstellmotorwelle (10) und das andere mit der Verstellwelle (9) drehfest verbunden beziehungsweise mit den Wellen (9, 10) einstückig ausgebildet ist.

4. Nockenwellenversteller nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass eines der beiden Teile als Außenteil (19, 19'; 33, 33') das andere als Innenteil (18, 18'; 34, 34') ausgebildet ist, wobei die beiden Teile drehspielfrei ineinander steckbar sind.

5. Nockenwellenversteller nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupplung als Profilkupplung, vorzugsweise als Zweikantwellenkupplung (4, 4', 4") ausgebildet ist, die je zwei Kupplungsflächen (21, 21') am Außenteil (19, 19') und je zwei Kupplungsflächen (20, 20') am Innenteil (18, 18') aufweist, wobei vorzugsweise am letzteren drehspielvermeidende Mittel vorgesehen sind.

6. Nockenwellenversteller nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass als drehspielvermeidende

des Mittel ein minimales, eng toleriertes Spiel zwischen den Kupplungsflächen (20, 21) des Innen- und Außenteils (18, 19) vorgesehen ist.

7. Nockenwellenversteller nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass als drehspielvermeidende Mittel vorgespannte Metall- oder Kunststoffedern vorgesehen sind, die das Spiel zwischen den Kupplungsflächen (20', 21') überbrücken.

8. Nockenwellenversteller nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Metallfedern vorzugsweise als Flachbiege- oder Tellerfedern (23) und die Kunststoffedern vorzugsweise als Polymerband (28) oder als Polymer-O-Ring (29) ausgebildet und vorzugsweise in Nuten (22) bzw. einer umlaufenden Nut (30, 31) der Kupplungsflächen (20') des Innenteils (18') angeordnet sind.

9. Nockenwellenversteller nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Flachbiege- oder Tellerfedern (23) als einteilige Federspange (25) ausgebildet sind, die vorzugsweise an Ecken (26) des Innenteils (18') einrastet.

10. Nockenwellenversteller nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupplung als eine Rohrkupplung (32, 32') ausgebildet ist, mit einem hohlzylindrischen Außenteil (33, 33') und einem koaxialen, zylindrischen Innenteil (34, 34'), das mit Spiel im Außenteil (33, 33') angeordnet ist und vorzugsweise die drehspielvermeidenden Mittel aufweist.

11. Nockenwellenversteller nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass als drehspielvermeidendes Mittel ein elastisch verformbarer Toleranzring (44), vorzugsweise aus Metall, vorgesehen ist, der in einer Radialnut (45) vorzugsweise am Umfang des koaxialen, zylindrischen Innenteils (34') angeordnet ist und dieses um ein bestimmtes Maß radial überragt.

12. Nockenwellenversteller nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass als drehspielvermeidende Mittel zumindest eine Rastkugel (37) oder ein vorzugsweise zylindrischer Raststift (41) mit kegelig zugespitztem Ende (42) vorgesehen sind, die in Radial- bzw. Durchgangsbohrungen (35, 39) vorzugsweise des koaxialen, zylindrischen Innenteils (34) mit Spiel geführt und in zu diesen fluchtenden, anderen Radialbohrungen (38, 38') geringeren Durchmessers im hohlzylindrischen Außenteil (33) unter der Kraft einer Druck- bzw. Durchgangsfeder (36, 36'; 40, 40') um ein durch den geringeren Durchmesser begrenztes Maß verschiebbar sind.

13. Nockenwellenversteller nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die anderen Radialbohrungen (38, 38') als in axialer Richtung ausge-

richtete Langlöcher ausgebildet sind.

14. Nockenwellenversteller nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupplung als Klauenkupplung (46) ausgebildet ist, deren beide Teile auf gleichem Durchmesser angeordnete, axiale Klauen (47, 48) aufweisen, die ineinander greifen, wobei zwischen den Klauen (47, 48) Abstände vorgesehen sind, die durch Zahnelemente (50) eines elastischen, vorgespannten Polymerkranzes (49) drehspielfrei überbrückt sind.

15. Nockenwellenversteller nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupplung als Profilkupplung, vorzugsweise als Zahnwellenkupplung, ausgebildet ist, deren Außen- oder Innenteil (55, 65), insbesondere deren Innen- oder Außenverzahnung (56, 63) aus elastischem Kunststoff ausgebildet ist.

16. Nockenwellenversteller nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die aus Kunststoff bestehende Außenverzahnung (56, 63) direkt auf entsprechende Teile der Zahnwellenkupplung oder auf eine entsprechend ausgebildete, metallische Zwischenbüchse (58) vorzugsweise aufvulkanisiert ist und dass die Zwischenbüchse (58) mit der Zahnwellenkupplung vorzugsweise durch Presssitz verbunden ist.

17. Nockenwellenversteller nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupplung als Magnetwellenkupplung (51) ausgebildet ist, deren beide Teile gegenüberliegende Dauermagnete (52, 53) aufweisen, die das Antriebsmoment des Verstellmotors (3) durch Magnetkräfte berührungslos und drehspielfrei von der Verstellmotorwelle (10') auf die Verstellwelle (9) übertragen.

18. Nockenwellenversteller nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Dauermagnete (52, 53) vorzugsweise axial angeordnet sind und dass zwischen ihnen eine unmagnetische Membran (54) mit beidseitigem Spiel vorgesehen ist, die den Verstellmotor (3) öldicht abschließt.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen



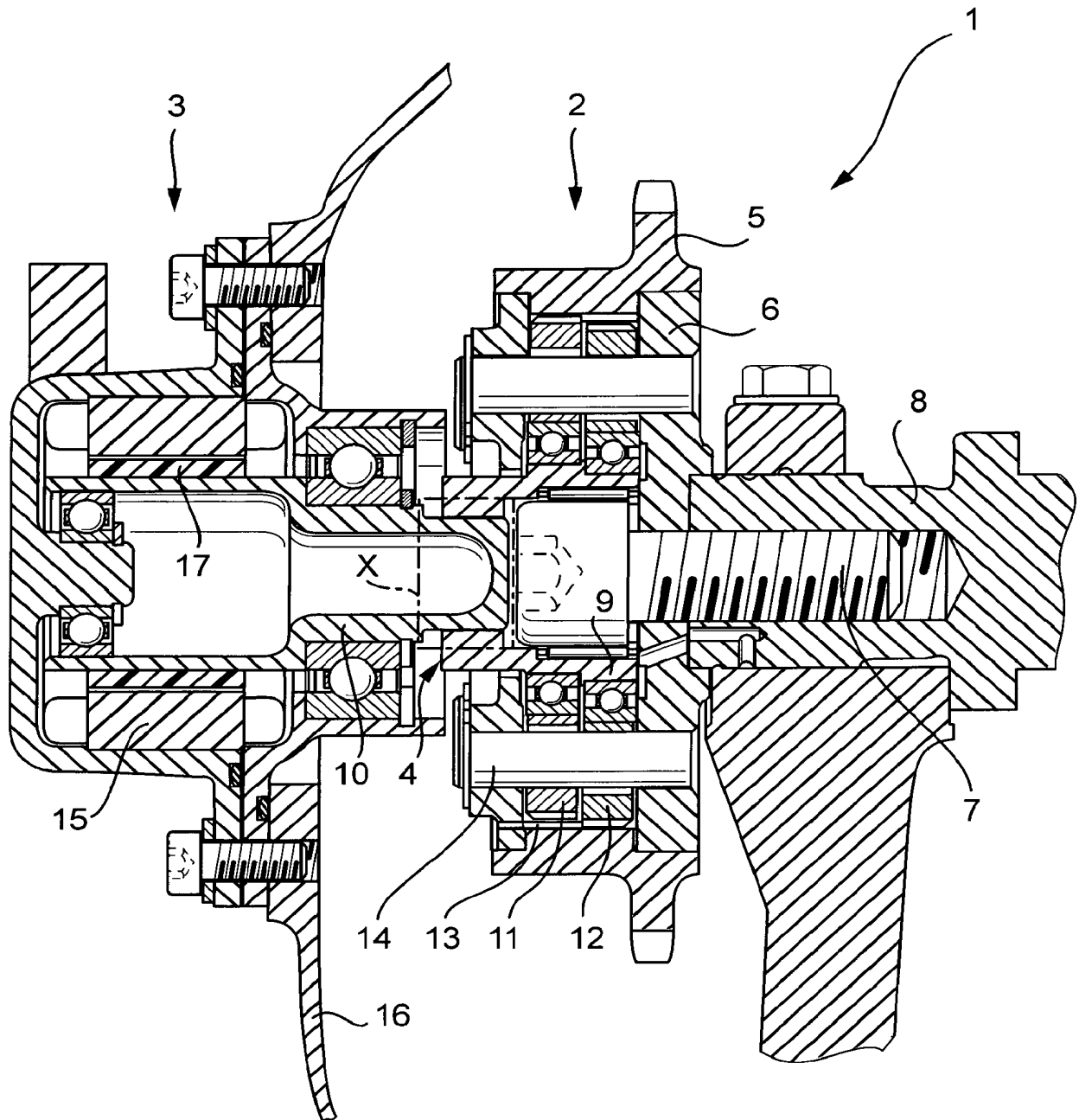
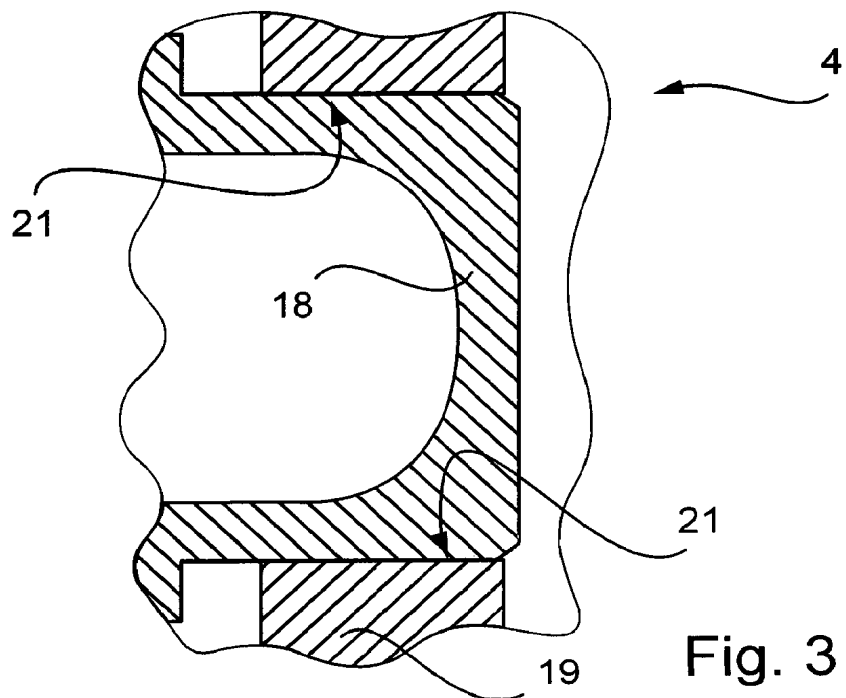
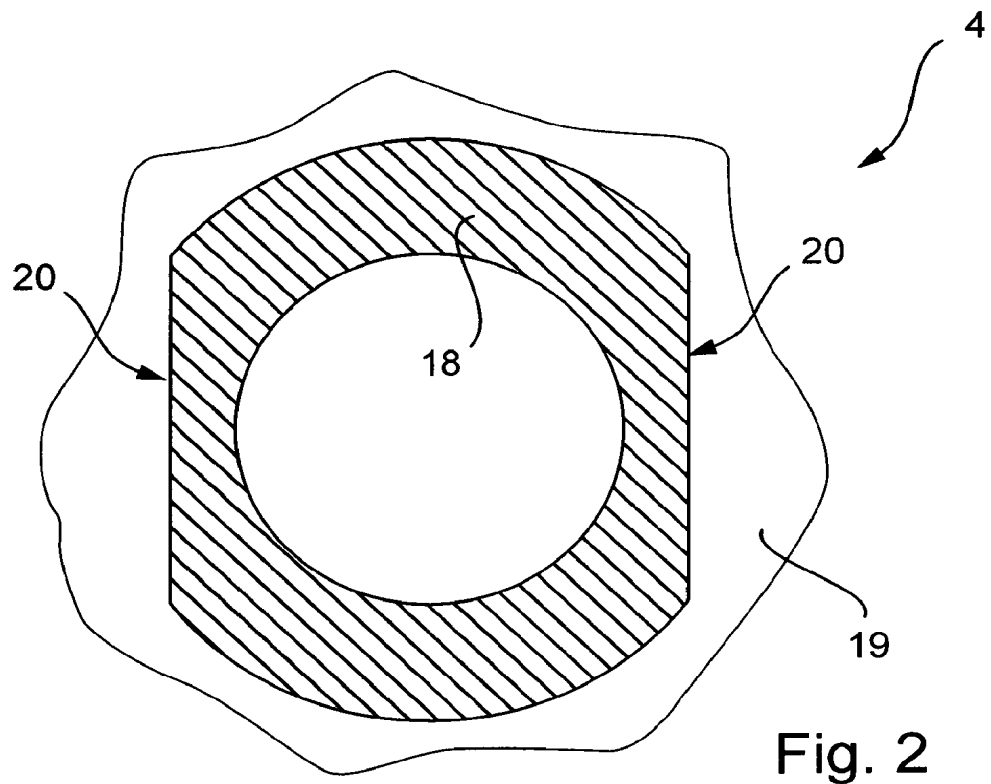


Fig. 1



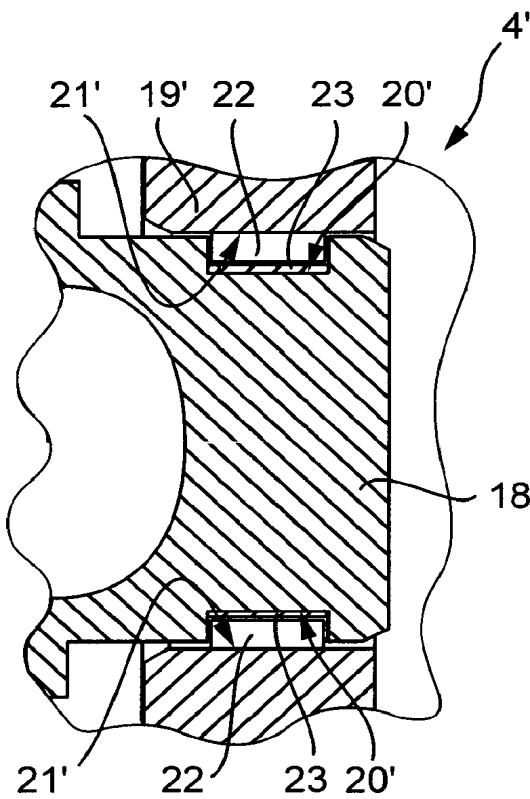


Fig. 4

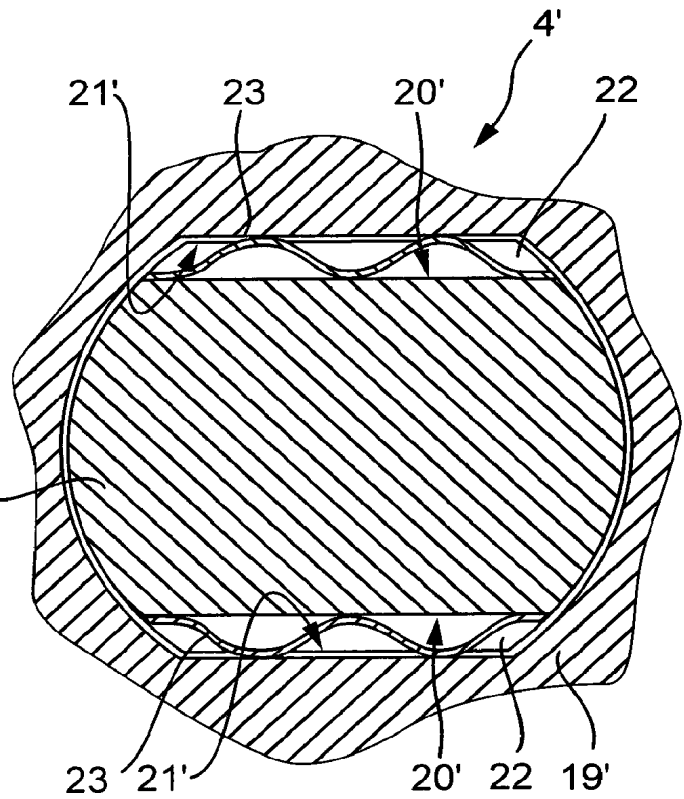


Fig. 5

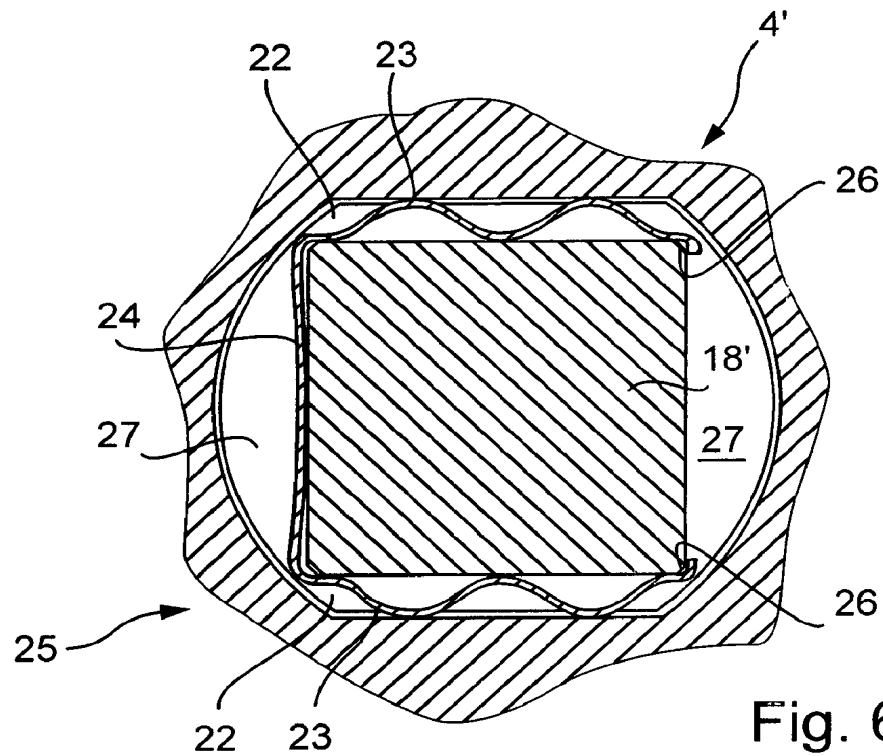
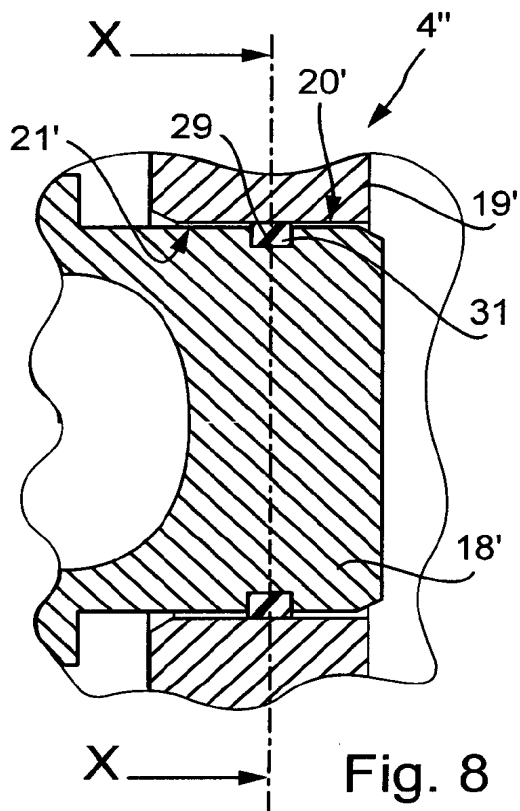
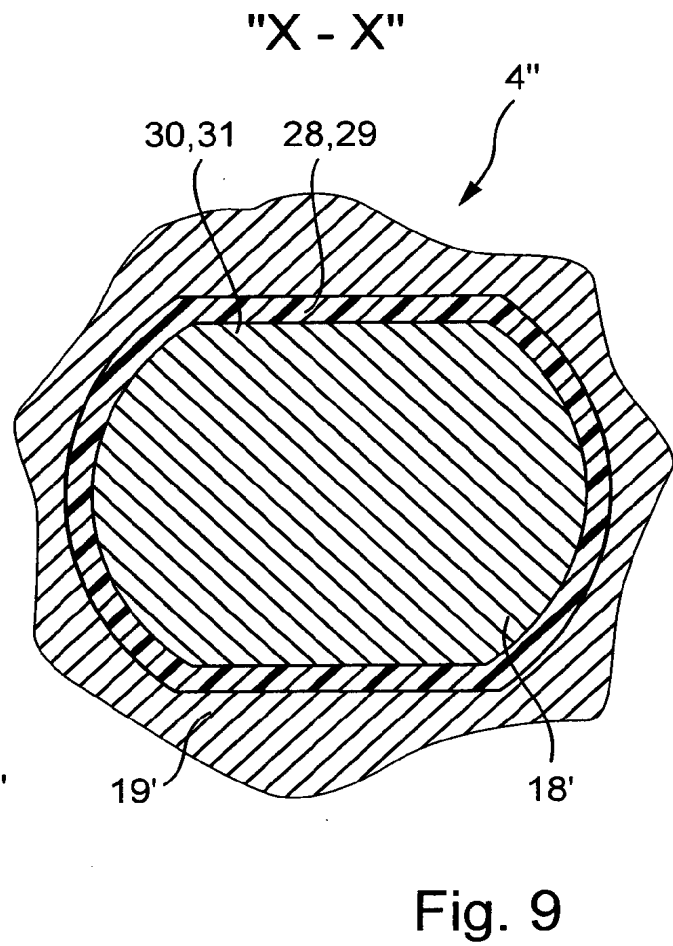
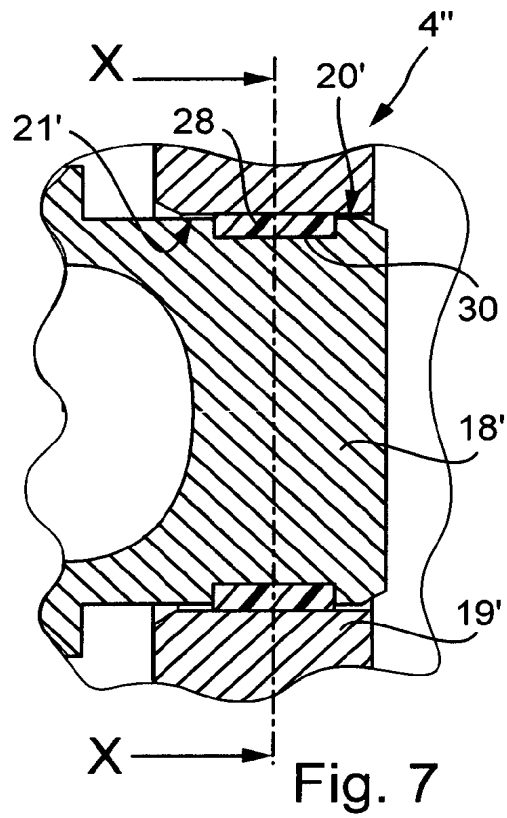


Fig. 6



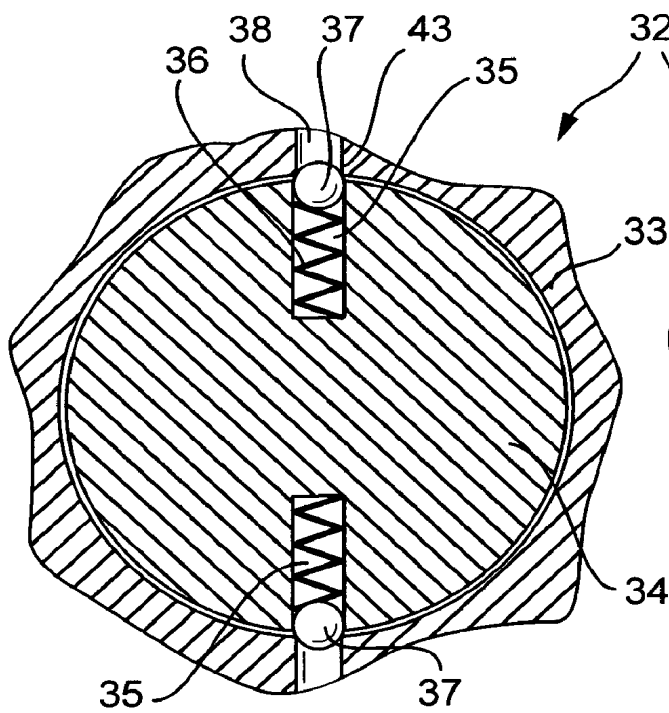


Fig. 10

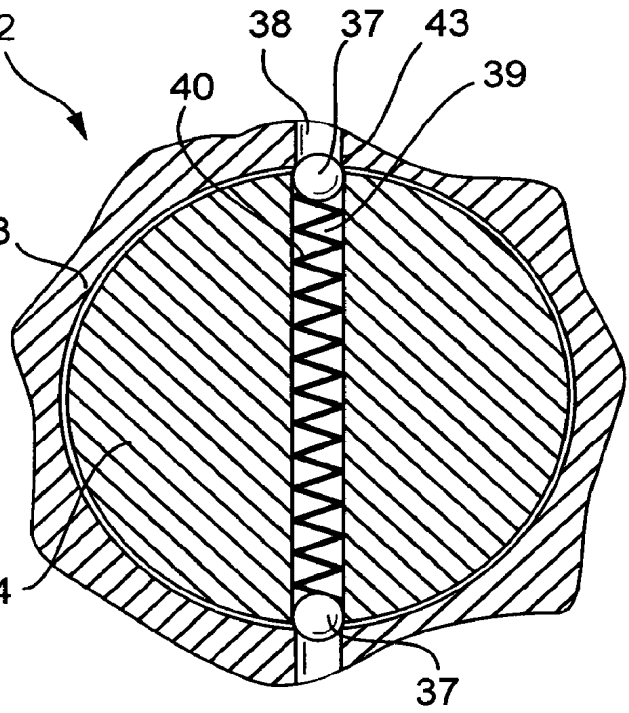


Fig. 11

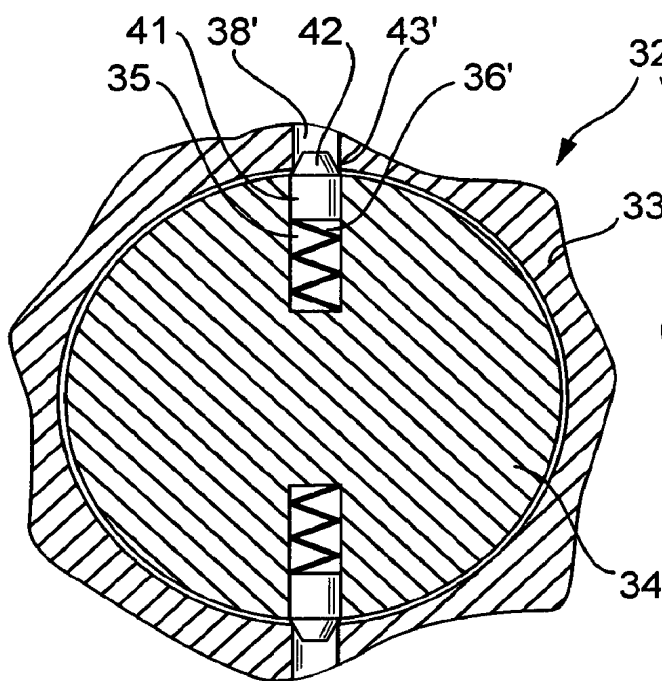


Fig. 12

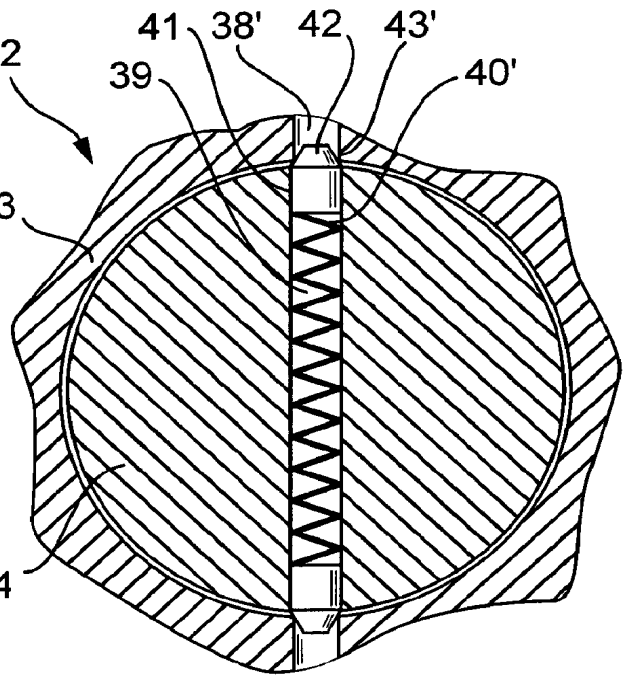


Fig. 13

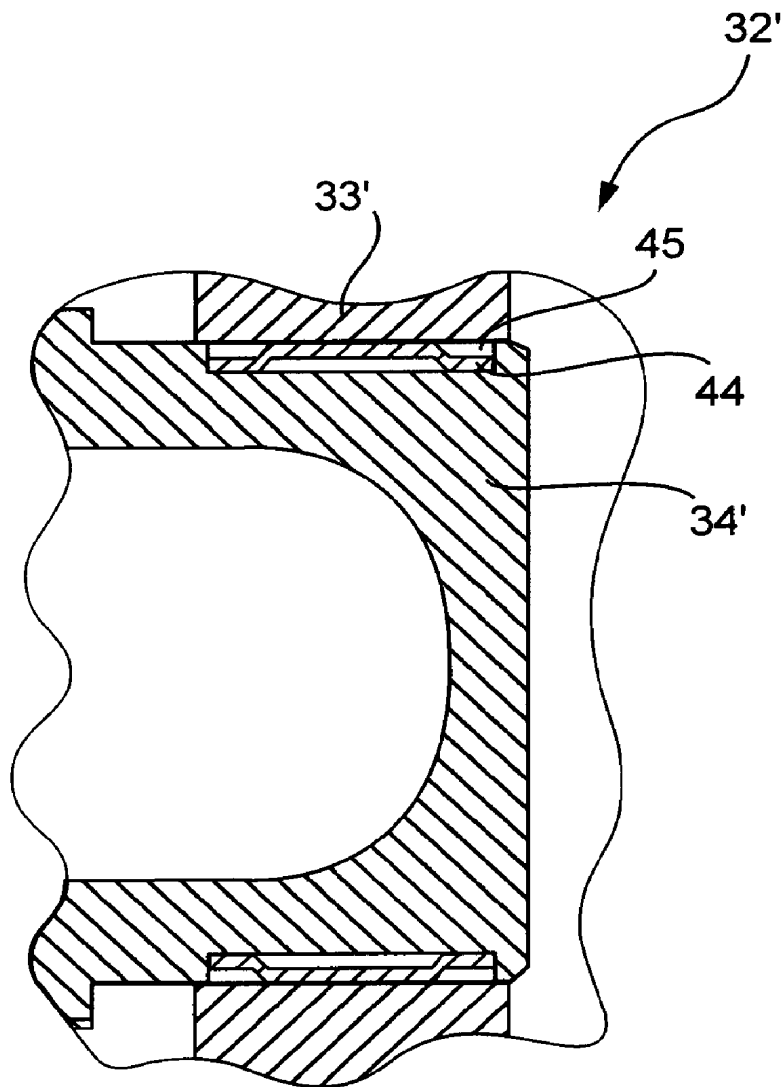


Fig. 14

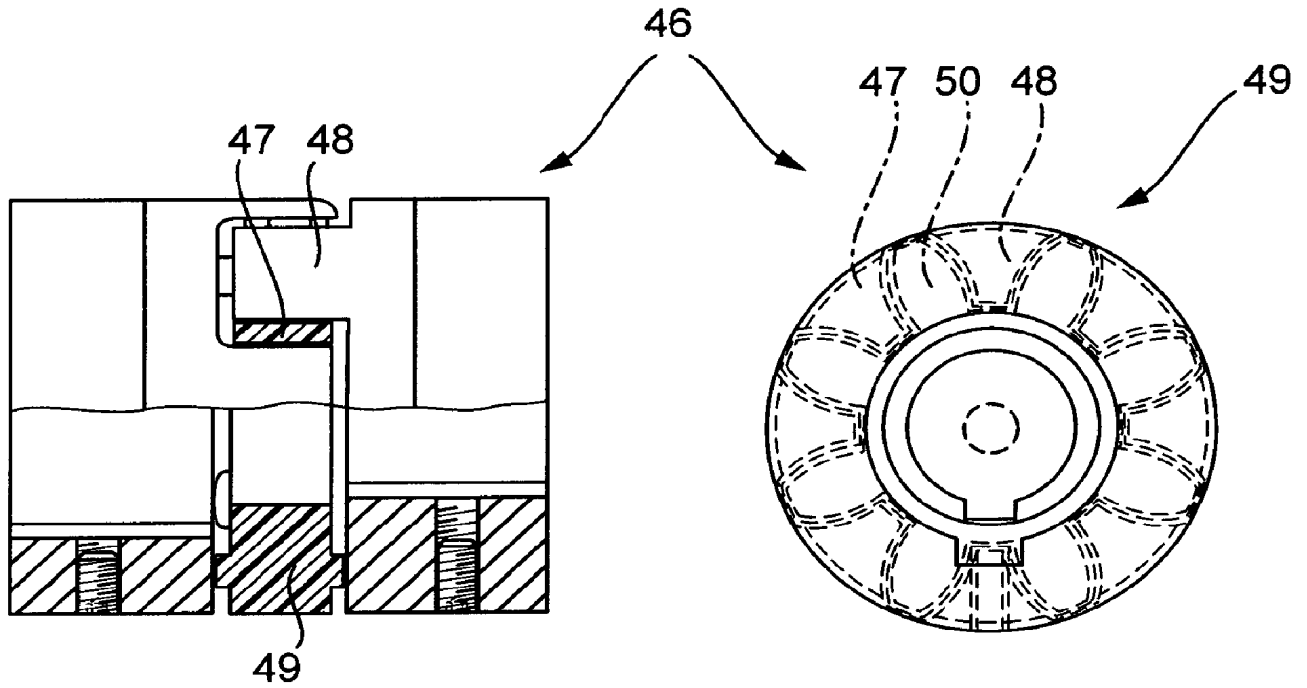


Fig. 15

Fig. 16

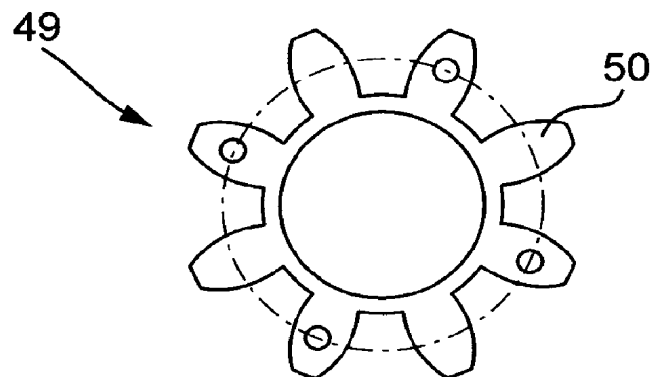


Fig. 17

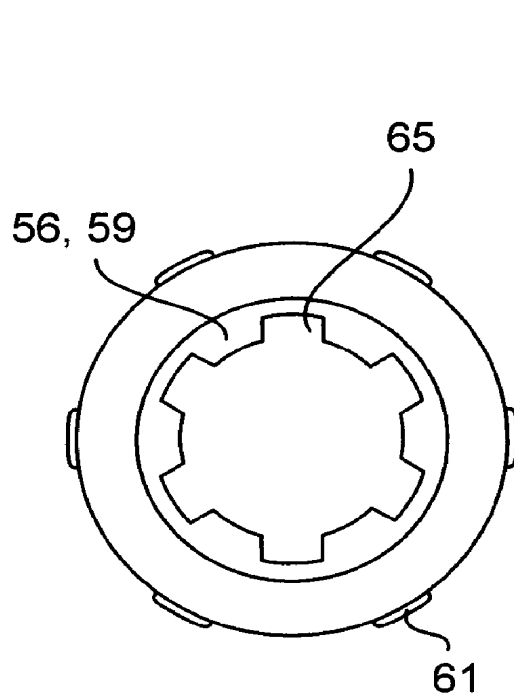


Fig. 18

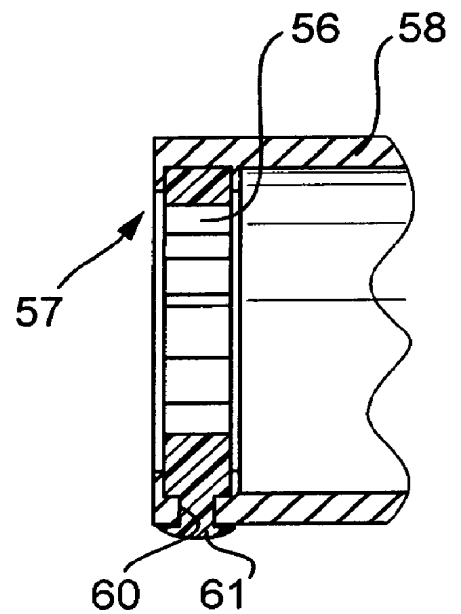


Fig. 19

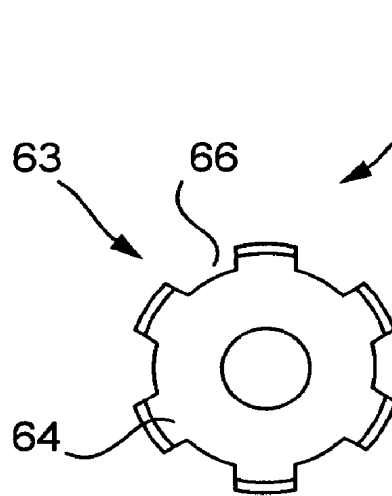


Fig. 20

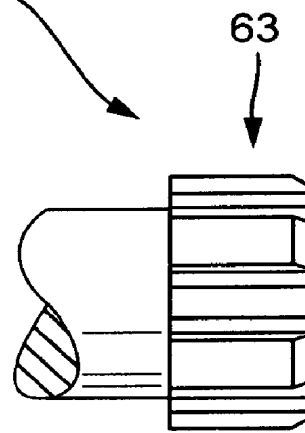


Fig. 21



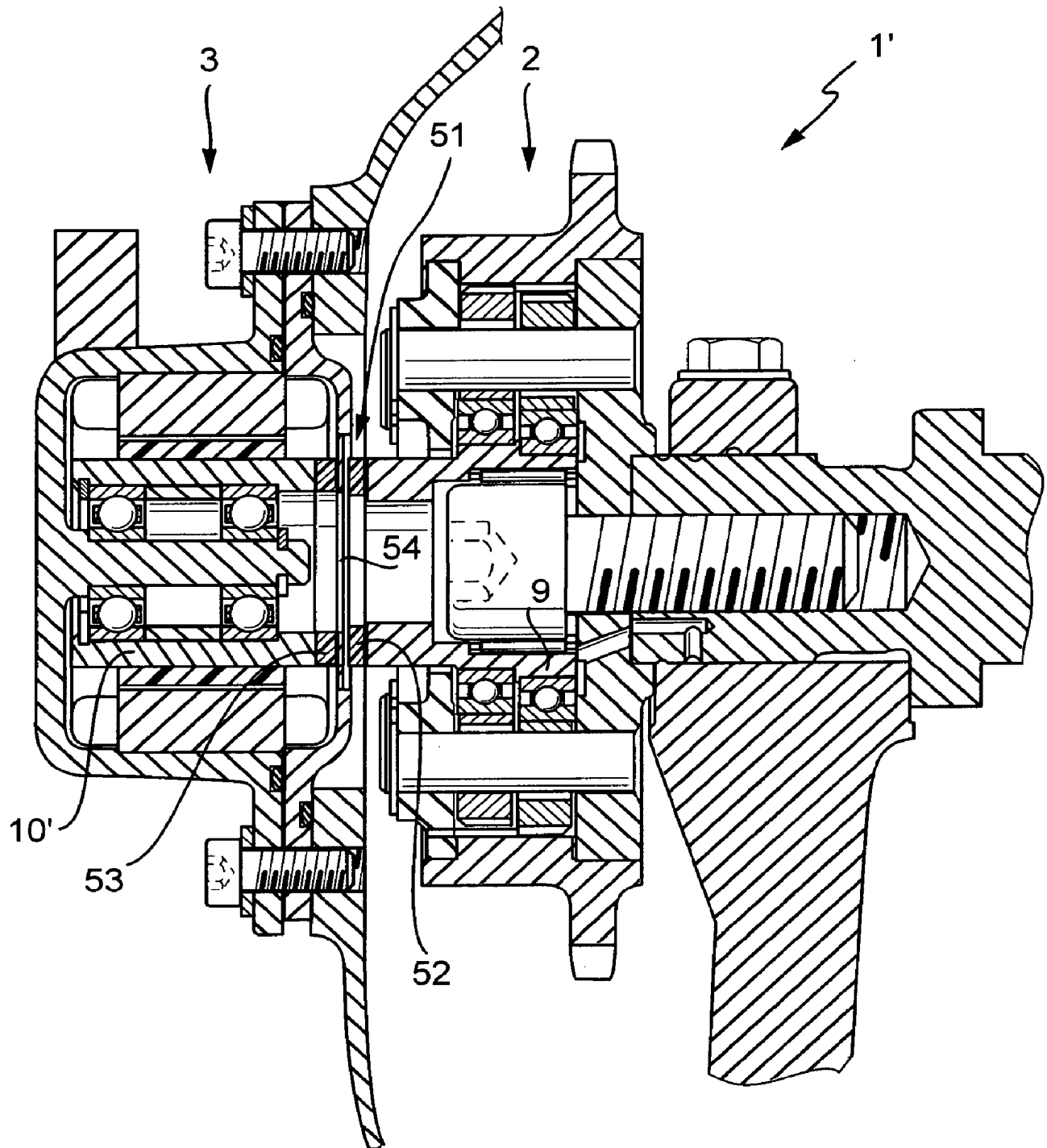


Fig. 22